

Des procédés de purification des eaux d'alimentation des villes et de leur prix de revient

THESE

Présentée et publiquement soutenue
devant la Faculté de Médecine de Montpellier

Le 3 avril 1936

PAR

CARMEL DAMBREVILLE

DIPLÔMÉ D'HYGIÈNE

Né le 6 juin 1909 à Etang-Salé (Ile de la Réunion)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

*Examinateurs
de la Thèse*

MM. CARRIEU, professeur, président.

PUECH, professeur.

JANBON, agrégé.

VIDAL, agrégé.

Assesseurs

MONTPELLIER
IMPRIMERIE DE LA PRESSE
3, Rue Jardin-Martel
Tél. 47-84

1936

DES PROCEDES DE PURIFICATION
DES EAUX D'ALIMENTATION DES VILLES
ET DE LEUR PRIX DE REVIENT



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Des procédés de purification des eaux d'alimentation des villes et de leur prix de revient

THESE

Présentée et publiquement soutenue
devant la Faculté de Médecine de Montpellier

Le 3 avril 1936

PAR

CARMEL DAMBREVILLE

DIPLÔMÉ D'HYGIÈNE

Né le 6 juin 1909 à Etang-Salé (Ile de la Réunion)

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MEDECINE

MM. CARRIEU, professeur, président.

PUECH, professeur.

JANBON, agrégé.

VIDAL, agrégé.

*Examineurs
de la Thèse*

Assesseurs

MONTPELLIER
IMPRIMERIE DE LA PRESSE
3, Rue Jardin-Martel
Tél. 47-84

—
1936

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Professeurs

Anatomie	MM. J. DELMAS
Histologie	TURCHINI
Physiologie	HEDON
Chimie biologique et médicale	CRISTOL
Physique médicale	PECH
Anatomie pathologique	GRYNFELTI
Microbiologie	LISBONNE.
Pathologie et thérapeutique générales	BOSC
Thérapeutique et matière médicale	BOUDET
Hydrologie thérapeutique et climatologie	PUECH
Hygiène	CARRIEU
Médecine légale et médecine sociale	GAUSSEL
Pathologie médicale et clinique propédeutique	GIRAUD
Clinique médicale	VIRES, <i>assesseur.</i>
Clinique chirurgicale	RIMBAUD
Clinique obstétricale	MASSABUAU
Clinique des maladies mentales et nerveuses..	RICHE
Clin. des malad. des enfants et hyg. du 1 ^{er} âge	P. DELMAS
Clinique de dermatosyphiligraphie.....	EUZIERE, <i>doyen</i>
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie..	LEENHARDT
Clinique des maladies des voies urinaires.....	MARGAROT
Clinique gynécologique	ETIENNE
Clinique ophtalmologique	JEANBRAU
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	LAPEYRE
Matière médicale (Ch. de c.)	VILLARD
Radiologie (Ch. de c.)	TERRACOL
Anatomie (Ch. de c.).....	CABANNES
Histologie (Ch. de c.).....	LAMARQUE
	LAUX
	GRANEL

Honorariat

Professeurs honoraires

MM. RODET, TEDENAT, VALLOIS
FORGUE, ESTOR, BERTIN-SANS et GALAVIELLE

Chargés de cours complémentaires

Pathologie expérimentale	MM. PAGES
Pathologie externe	AIMES
Médecine opératoire	SOUBEIRAN <i>ag. libre</i>
Accouchements	COLL DE CARRERA
Clinique phthisiologique	GAUSSEL, <i>prof.</i>
Clinique propédeutique médicale	BOULET
Clinique des maladies contagieuses	JANBON
Stomatologie	D ^r WATON

Agrégés en exercice

	MM.		MM.
	BOULET	Chirurgie....	AIMES
	PAGES		MOURGUE-MOLINES.
Médecine	JANBON		GUIBAL
	BAUMEL	Obstétrique..	ROUX
	VIDAL	Bactériologie.	COLL DE CARRERA
			CARRERE

Examineurs de la thèse

MM. CARRIEU, *prof.*, président. MM. JANBON, *agré.*
PUECH, *professeur.* VIDAL, *agré.*

La Faculté de Médecine de Montpellier déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leur auteur et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.



A MA MERE

A MON PERE

*Faible témoignage de mon grand amour
pour leur tendresse et leur désintéressement.*

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR CARRIEU

Pendant les trois années que nous avons passées au Laboratoire d'Hygiène, vous avez été pour nous un Maître plein d'indulgence, un conseiller dont nous avons toujours admiré les qualités de cœur et de désintéressement.

Vous avez bien voulu inspirer et diriger ce travail, c'est à vous que nous devons d'avoir pu le mener à bien.

Qu'il nous soit permis de vous en exprimer ici notre très profonde gratitude, empreinte de respect et de dévouement.

A MON JURY DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR PUECH

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE JANBON

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGREGE VIDAL

Qui ont bien voulu accepter de faire partie de notre jury de thèse.

A MADAME LE DOCTEUR RAMBAULT

Qui nous a toujours témoigné la plus grande bienveillance,

C. D.

DES PROCEDES DE PURIFICATION DES EAUX D'ALIMENTATION DES VILLES ET DE LEUR PRIX DE REVIENT

INTRODUCTION

L'eau peut être le véhicule d'une foule de maladies. Enumérons: fièvre typhoïde, choléra, diarrhée infantile, helmiathiasis diverses, etc... Outre ces affections, nettement hydriques, la qualité de l'eau influe sur la morbidité et la mortalité générale d'une ville, probablement par des germes que nous ne connaissons pas encore.

La morbidité et la mortalité générales, en dehors des maladies nettement hydriques, s'améliorent nettement à mesure que la quantité et la qualité de l'eau s'améliorent. Cette règle d'hygiène générale est capitale et a été prouvée par de nombreuses statistiques.

La prophylaxie dont nous disposons emploie deux moyens:

1° Distribuer une eau irréprochable définitivement à l'abri des contaminations;

2° rendre inoffensive une eau habituellement ou accidentellement suspecte.

De ces deux moyens, le premier l'emporterait sur le second, mais il est pratiquement irréalisable, car l'eau, quelle que soit son origine, se présente rarement dans des conditions de pureté idéale. En admettant même qu'elle soit pure à son origine, il est difficile de la garantir d'une façon ab-

solue contre toute cause de contamination; et telle eau présentant aujourd'hui des qualités suffisantes pour être utilisée sans opération préalable, peut se souiller d'un moment à l'autre et devenir ainsi le point de départ d'épidémies meurtrières. Ce fait est trop courant pour qu'on doive y insister particulièrement.

Donc, en pratique, le devoir des hygiénistes consistera à essayer de rendre inoffensive, en vue de l'utiliser, une eau habituellement ou accidentellement suspecte :

Dans les villes et les agglomérations de peu d'importance, l'action des services d'hygiène municipale étant souvent déficiente le problème de l'eau potable est souvent assez mal résolu, chaque particulier devant s'assurer comme il peut son alimentation.

Dans les centres plus importants, il appartient aux pouvoirs publics de livrer à la consommation de l'eau potable ou rendue potable. Ce problème qui intéressait déjà les anciens (Hypocrate conseillait de boire de l'eau bouillie) a suivi les progrès qu'a connus la science pendant ces dernières années.

Il y a cinquante ans à peine, seule la filtration de l'eau était connue et des statistiques nombreuses ont montré l'heureux effet de cette purification grossière de l'eau sur l'évolution des maladies infectieuses et des épidémies. La filtration, quoique encore actuellement employée, s'est montré souvent d'une efficacité incomplète et quelquefois d'une fragilité extrême, et on a alors pensé, en vue de purifier l'eau, à l'usage de substances antiseptiques.

De nombreux corps ont été proposés, et disons qu'actuellement, le chlore et l'ozone sont les seuls utilisés dans la pratique courante.

Le chlore s'emploie, soit à l'état gazeux, soit par l'intermédiaire de l'eau de javel. Ce dernier procédé appelé javelli-

sation, est réalisé depuis quelques années, d'une façon spéciale appelée verdunisation.

Avec la chloration, la verdunisation et l'ozonisation, il semble que le problème de l'épuration de l'eau d'alimentation soit de nos jours résolu d'une façon heureuse. La preuve en est que les municipalités qui recourent à la filtration, ont tendance à compléter la purification de leurs eaux d'alimentation par l'emploi de l'un de ces trois procédés.

Les prix de revient de l'eau purifiée sont excessivement variables. Dans ce travail, nous pourrions en donner une idée, sans avoir la prétention d'apporter des prix de base.

Avant d'aborder notre sujet, qu'il nous soit permis de dire à M. le Professeur CARRIEU, toute la reconnaissance que nous lui devons pour avoir bien voulu accepter la présidence de notre jury de thèse.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à Mme RAMBAULT, chef de travaux pratiques au Laboratoire d'Hygiène, pour l'intérêt qu'elle nous a toujours témoigné.

MM. les Professeurs PUECH, JANBON et VIDAL ont bien voulu accepter d'être membres de notre jury, nous les en remercions vivement et leur exprimons ici, tous nos plus respectueux sentiments.

PROCEDES DE PURIFICATION DE L'EAU D'ALIMENTATION

La purification des eaux destinées à l'alimentation des agglomérations doit, avant tout, réaliser la clarification complète des eaux à traiter, par arrêt des matières en suspension. Ce premier point comporte quelquefois des difficultés assez grandes, car, à côté des matières lourdes dont la sédimentation est aisée, et la filtration facile à réaliser, on rencontre souvent, parmi les eaux de rivières, limoneuses en période de crue, des substances solides dans un état de division extrême pouvant atteindre l'état colloïdal.

Ces dernières ont tendance à traverser les couches filtrantes et on doit alors recourir à des procédés de séparation, basés sur la coagulation par des réactifs spéciaux dont le sulfate d'alumine est le type. La clarification obtenue, le procédé mis en œuvre doit permettre en outre, de débarrasser l'eau de tous les germes pathogènes ou suspects qu'elle contient.

Ce point est plus ou moins facilement acquis par des procédés mécaniques,
chimiques,
physiques.

Ces divers procédés sont utilisés en France. Leur efficacité, leur prix de revient, sont extrêmement variables. Nous avons essayé, justement, de préciser ces prix de revient,

qui ne se trouvent dans aucun ouvrage, même les plus récents. Certains auteurs citent des chiffres se rapportant à la période d'avant-guerre; dans ce travail, nous nous sommes informés auprès des municipalités elles-mêmes, pour essayer d'avoir des prix se rapportant à l'époque actuelle, les seuls qui puissent, pour le moment, être valables. Pour cela, nous avons adressé un questionnaire à de nombreux Médecins Inspecteurs Départementaux ou Directeurs Municipaux d'Hygiène, que nous tenons à remercier ici.

Nous avons pu, de la sorte, obtenir un certain nombre de réponses qui méritent d'attirer particulièrement l'attention pour la précision avec laquelle elles nous ont été soumises. D'autres réponses nous ont paru incomplètes ou mal précisées, dans ce travail nous n'avons pas voulu en tenir compte, enfin les autres ont été absolument négatives. En particulier pour les villes traitant leurs eaux d'alimentation par l'ozone, nous avons été réellement peu favorisés, car les municipalités auxquelles nous nous sommes adressé, nous ont prié de nous renseigner auprès de la Société Concessionnaire dont le siège est à Paris. Cette société sollicitée à plusieurs reprises, n'a jamais répondu avec précision à notre questionnaire. Elle s'est contentée de nous envoyer quelques opuscules dans lesquels se trouvent des prix d'il y a une vingtaine d'années, ce qui n'offre pas le moindre intérêt pour le travail que nous nous sommes proposé de présenter.

Le questionnaire que nous avons communiqué aux différentes services municipaux comporte tous les renseignements relatifs aux différents systèmes d'épuration de l'eau d'alimentation. Nous l'avons conçu de la façon suivante :

- 1° Nom de l'agglomération qui purifie son eau d'alimentation
- 2° Nombre d'habitants
- 3° Procédé employé (filtres non submergés, submergés, lents, rapides, avec préfiltres, couverts ou non, chloration, verdunisation, javellisation, ozone, ultra-violetts etc... ..)
- 4° Dépense de premier établissement (le prix du terrain est-il compris?)
- 5° Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour
- 6° Date de l'installation
- 7° Son efficacité
- 8° Frais d'entretien annuel (portant sur la moyen des 3 dernières années et comprenant:
Surveillance générale
- Surveillance technique (laboratoire)
- Produits employés
- Main-d'œuvre
- Amortissement du capital
- Élévation mécanique
- Frais divers
- 9° L'eau est-elle très contaminée avant la purification
- 10° Est-elle souvent trouble?
- 11° S'il s'agit de filtres, existe-t-il, après filtration, une purification chimique? ..
- 12° Etc... ..

Pour chacun des procédés d'épuration de l'eau (mécanique, chimique, physique), nous passerons successivement en revue l'étude sommaire du procédé, son efficacité, et les observations que nous présenterons permettront d'apporter à chaque cas, les divers renseignements s'y rapportant.

PROCEDES MECANQUES DE PURIFICATION DE L'EAU D'ALIMENTATION

Les procédés mécaniques de la purification de l'eau sont réalisés par la filtration. C'est en somme une application artificielle des moyens naturels contribuant à l'épuration des eaux de surface, toujours contaminées par les déchets de vie humaine et animale. Dans la nature, en effet, l'eau de toute provenance peut, dans certaines conditions, se purifier d'elle-même, en cheminant dans le sol, de la surface à la profondeur ou dans le sens horizontal sous terre. C'est l'exemple idéal de la filtration artificielle. On ne cherche même, lorsque l'on institue cette correction de l'eau qu'à imiter le procédé naturel en suppléant en outre, par quelques artifice, au défaut de temps et de long parcours réalisé le plus souvent dans la nature.

On se propose, par la filtration, de débarrasser l'eau de boisson :

- 1° Des corps tenus en suspension.
- 2° De la plus grande partie possible des substances dissoutes, notamment de celles qui, comme les matières organiques, peuvent être d'origine putride. Il va sans dire qu'à notre époque, les micro-organismes étant les plus suspects des éléments en suspension, ce sont eux surtout que les filtres s'efforcent d'arrêter. La destruction vis-à-vis du filtrage entre les bactéries pathogènes et les bactéries banales étant

impossible à réaliser, les filtres doivent retenir tous les micro-organismes quels qu'ils soient et le meilleur filtre sera celui qui atteindra le résultat le plus exactement.

Au point de vue technique, plutôt que pour l'hygiène, il y a deux sortes de filtration. L'une est adaptée aux besoins de tout un vaste groupe et placée sur le trajet même ou à l'origine d'une distribution d'eau; on l'a justement nommée filtration centrale; l'autre ne sert qu'à de petites collectivités, à des familles, à des groupes mobiles, c'est la filtration locale dont nous n'avons pas à tenir compte dans ce travail.

Il existe deux grandes variétés de filtres. Les uns sont à sable submergé, les autres à sable non submergé.

Avant d'étudier ces différents filtres, voyons quels sont les principes admis pour la purification de l'eau par la filtration au sable.

Principes admis pour la purification des eaux de surface.
— D'après les prescriptions de K. GESUNDHEITSAMT de 1899 (Qualités de l'eau et moyens de correction, par le Dr IMBEAUX, page 463) :

1° Pour apprécier la qualité d'une eau de surface filtrée, il faut considérer les points suivants :

a) L'effet d'un filtre peut être regardé comme suffisant lorsque le nombre des germes ne dépasse pas la limite que l'expérience a montrée pouvoir être atteinte en bonne filtration par l'ouvrage considéré. En règle générale, une bonne eau filtrée ne doit pas avoir, en quittant le filtre, plus de 100 germes par centimètre cube (Numération après 48 heures, à 20° et en s'aidant de la loupe), de plus, l'eau filtrée ne contient plus de colibacilles.

b) L'eau filtrée doit être aussi claire que possible, et en ce qui regarde la couleur, le goût, la température et la com-

position chimique, ne doit pas être inférieure à l'eau brute.

2° Pour contrôler constamment l'efficacité bactériologique du filtrage, il importe, partout où les moyens le permettent, d'analyser tous les jours, le produit de chaque bassin filtrant. Cet examen quotidien est surtout de première importance dans les conditions suivantes:

a) Après la construction d'un nouveau filtre et jusqu'à ce qu'il fonctionne régulièrement;

b) Après chaque remplissage faisant suite à un nettoyage, et au moins pendant 2 jours ou davantage, jusqu'à ce que l'eau filtrée soit devenue de qualité suffisante;

c) Lorsque la pression est montée dans le filtre aux deux tiers et plus, de la hauteur maxima admise pour l'installation;

d) Lorsque la pression baisse brusquement;

e) En toutes autres circonstances exceptionnelles, notamment entemps de crue.

3° Pour permettre les recherches bactériologiques nécessaires, chaque bassin filtrant doit être construit de façon qu'on puisse, à tout instant, prélever un échantillon de l'eau qu'il fournit.

4° Pour assurer l'uniformité des recherches bactériologiques, il est recommandable de se servir de gélatine peptonifiée, à l'extrait de viande comme milieu nutritif.

5° Les personnes chargées des analyses bactériologiques doivent être expertes en la matière et appartenir à un laboratoire officiellement reconnu.

6° Quand le produit d'un filtre ne répond plus aux conditions hygiéniques requises, il doit être rejeté tant que de nouvelles analyses bactériologiques n'ont pas prouvé que la cause de trouble a été écartée. Si un filtre ne donne plus, pendant un certain temps, qu'un débit insuffisant, il doit être mis hors de service, jusqu'à découverte et correction de la cause perturbatrice.

7° Pour pouvoir rejeter une eau insuffisamment filtrée et ne répondant plus aux conditions requises, chaque filtre doit être construit de manière à permettre d'isoler son produit de la canalisation d'eau pure et de l'évacuer.

8° Une bonne installation doit comporter une surface filtrante largement calculée et une réserve suffisante, afin que la vitesse de filtration reste modérée et soit proportionnée aux conditions locales et à la qualité de l'eau brute.

9° Chaque filtre doit pouvoir se régler directement et on doit pouvoir contrôler la quantité et les caractères de son produit, ainsi que sa perte de charge: il doit pouvoir être vidé seul, complètement.

10° La vitesse de filtration doit pouvoir être établie pour chaque filtre au taux qui résulte des conditions les plus favorables, elle doit être régulière et à l'abri de toute variation ou interruption brusque. Dans ce but, on doit avoir des réservoirs capables de parer aux variations horaires de la consommation pendant la journée.

Les filtres doivent être agencés de manière à ne pas être influencés dans leur travail, par les variations du niveau du réceptacle des eaux filtrées.

12° La perte de charge due à la filtration ou l'accroissement de pression sur les filtres ne doit jamais devenir assez grande pour produire des ruptures de la couche supérieure filtrante (membrane) la limite à laquelle la surélévation de pression doit s'arrêter, doit être fixée dans chaque cas par l'étude bactériologique.

13° Chaque partie de la surface d'un filtre doit être également et absolument comme les autres.

14° Les parois d'un filtre doivent être étanches et l'on doit éviter que l'eau brute du dessus puisse se frayer un chemin quelconque pour gagner les drains d'eau filtrée. L'épaisseur de la couche de sable doit être assez grande

pour ne jamais être réduite par le nettoyage au-dessous de 0 m. 30 et on doit, autant que possible, rester au-dessus de cette limite et avoir 0 m. 40.

Ces principes généraux étant vus d'une façon rapide, voyons l'étude des différents systèmes de filtres connus.

A) *Filtre à sable submergé.*

Le filtre à sable submergé est ainsi appelé parce qu'il est constitué par une surface filtrante au-dessus de laquelle se trouve constamment, à tout moment, une couche d'eau destinée à être filtrée.

Il en existe deux variétés, suivant que le filtre est lent ou rapide :

a) *Filtre à sable submergé lent.*

Les filtres à sable submergé lent ont été préconisés par SIMPSON (1829) pour l'eau de la Tamise. C'est le filtre anglais. L'eau, lorsqu'elle est trop souvent trouble, doit être dégrossie par l'intermédiaire d'une préfiltration préalable.

Les filtres de SIMPSON sont constitués par de grands bassins rectangulaires de 2.000 à 3.000 mètres cubes. Ils sont cimentés latéralement. A leur partie inférieure se trouvent des drains destinés à canaliser l'eau filtrée vers un réservoir. Au-dessus des drains se trouvent les éléments propres du filtre, représentés de bas en haut par de gros cailloux, de petits cailloux, du gravier, puis du sable fin. La couche supérieure avec laquelle l'eau est constamment en contact est représentée par du sable fin.

Ce sable ne doit pas être du sable quelconque ; en particulier, il ne doit pas être calcaire. Il sera quartzeux ou diluvien.

L'épaisseur totale de l'ensemble des éléments du filtre est de 1 m. 20 à 2 m. 40. La hauteur totale du sable doit être de 0 m. 60 à 1 m. 20.

Chaque bassin filtrant sera indépendant des autres pour faciliter le nettoyage.

Il faut que l'eau ne coule par le long des parois du filtre sans passer à travers ses éléments. Pour cela, des systèmes spéciaux sont installés, qui ne permettent pas aux drains de la partie inférieure de recevoir l'eau non filtrée, et les drains seront mis eux-mêmes à une certaine distance, 1 mètre, des parois latérales.

Avant de fonctionner, le filtre doit être rempli de bas en haut par de l'eau déjà filtrée et par la suite, la filtration elle-même se fera de haut en bas.

Le filtre lent doit donner 2 mètres cubes à 3 mètres cubes d'eau filtrée par 24 heures et par mètre carré de surface.

On doit rejeter les premières eaux, parce que le filtre n'est pas mûr. Pour qu'il mûrisse, on attend un certain temps, et le filtre est mûr lorsqu'à la surface du sable il s'est formé une membrane dite biologique. Cette membrane est constituée par une couche mince d'algues, de microbes, de zooglées, etc...

Cette formation de la membrane sera plus ou moins longue, et son rôle a été très discuté. On pensait autrefois, que les graviers ne servaient que de support à la membrane. En réalité, un filtre bien fait ne contenant que du sable fin, sans membrane biologique peut être un très bon filtre; il y a en effet, de la part du sable, des phénomènes d'adsorption qui font que les germes s'y accolent.

On a remarqué qu'après un certain temps de filtration, le débit du filtre diminue. C'est qu'à ce moment là la membrane s'est épaissie considérablement, il faut alors nettoyer le filtre.

Pour décroûter un filtre des ouvriers marchent sur des planches très larges et avec des râteliers ils enlèvent la couche superficielle. On est ainsi appelé à faire le décroûtage

du filtre de temps à autre et après chaque décroûtage il faut attendre que le filtre mûrisse. Ceci montre l'utilité d'avoir plusieurs bassins filtres, les uns pouvant servir pendant que les autres se nettoient ou mûrissent.

Il arrive un moment où il faut complètement refaire le filtre tous les ans environ.

Efficacité. — L'efficacité des filtres lents est variable, suivant la souillure de l'eau. La surveillance du filtre doit être rigoureuse. Malgré tout des accidents dûs au tassement, au vent, si le filtre n'est pas couvert peuvent survenir. De plus l'eau contient parfois des crustacés, des insectes qui perforent la membrane.

La surveillance du filtre doit être également bactériologique, cette surveillance réalisée par des analyses fréquentes faites dans des laboratoires compétents est obligatoire par l'arrêté du 12 juillet 1924, quatre analyses par an pour les villes de moins de 20.000 habitants, 12 analyses par an pour les villes de plus de 20.000 habitants. Effectivement on ne peut pas avoir l'arrêt complet des germes.

Mais il faut reconnaître, car l'expérience depuis SIMPSON l'a montré, que l'emploi des filtres lents dans la généralité des cas suffit à donner une eau potable, ce n'est que si l'on veut avoir une sécurité plus grande qu'on fera suivre la filtration d'une opération chimique.

La réduction des germes est environ de 995 pour 1.000.

Coût d'établissement et de fonctionnement des filtres lents. — La dépense de premier établissement d'une installation de filtration en grand dépend bien entendu de l'importance du débit à obtenir, du coût du terrain, du mode de couverture si le filtre est couvert, du prix du sable, des divers matériaux, employés et de la main-d'œuvre.

Le coût du fonctionnement dépendra de la surveillance constante obligatoire.

Il est impossible de citer des prix de base pour l'installation et pour le fonctionnement. Les exemples que nous pouvons apporter permettent d'en donner une idée et montreront combien les frais d'installation des filtres lents paraissent considérable, d'autant plus que sans les prix que nous rapportons l'achat du terrain n'est pas compris. L'exploitation qui n'est pas très chère relativement au prix de vente du mètre cube d'eau purifiée est toutefois supérieure à celle de certains procédés que nous verrons par la suite.

VILLE DE PAU (Basses-Pyrénées)

Nombre d'habitants:

Population totale: 40.000 habitants.

Population desservie en eau purifiée: 35.000 habitants.

Procédé employé: filtre à sable submergé lent non couvert.

Dépense de premier établissement: 600.000 francs.

Date de l'installation: 1911.

Etat de l'eau avant la purification: peu contaminée;
souvent trouble

Efficacité du procédé: très satisfaisant.

Nombre de mètres cubes d'eau filtrée par jour: 10.000 m³.

Nombre de mètres cubes d'eau filtrée par an: 3.650.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique ni frais d'amortissement): 51.000 frs.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 014.

COMMUNE DE BOULEUSE (Marne)

Nombre d'habitants: 75.

Précédé employé: chambre d'adoucissement comprenant

des dispositifs d'aération, un bassin de décantation, un filtre submergé dont les couches filtrantes sont formées de sable, de charbon de bois, de coke, de graviers et enfin un bassin de prise d'eau.

Prix du premier établissement: 10.000 francs.

Date de l'installation: 1933.

Etat de l'eau avant la purification: peu contaminée et pas trouble.

Efficacité du procédé employé: bonne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 12.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 4.280.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique ni frais d'amortissement): 300 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 068.

COMMUNE DE RIBAUTE (Aude)

Nombre d'habitants: 330.

Procédé employé: Filtre à sable submergé constitué par des couches successives de sable, gravier et charbon de bois. L'eau est amenée à la partie supérieure et traverse toutes les couches du filtre.

Prix de premier établissement: 18.000 fr.

Date de l'installation: 1897.

Etat de l'eau avant la purification: très contaminée.

Trouble lorsqu'il pleut abondamment.

Efficacité du procédé: passable.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 60.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 21.900.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 200 fr.

Prix de revient de l'eau filtrée: 0 fr. 009 le mètre cube.

b) *Filtres à sable submergé rapide.* — Ce sont les filtres américains. Les filtres américains sont nés des besoins de l'industrie et notamment de l'obligation où se trouvent les papeteries d'avoir de l'eau ne contenant absolument rien en suspension. Or, aux Etats-Unis, les cours d'eau sujets à des crues énormes sont durant une bonne partie de l'année, chargées pour la plupart de grandes quantités d'une vase très fine dont les filtres lents sont souvent impuissants à arrêter les particules les plus ténues: de là l'idée d'employer des coagulants ou précipitants chimiques pour obtenir la sédimentation rapide des matières en suspension, puis une couche de sable pour tenir les matières à la surface.

Les filtres américains sont construits de la façon suivante: Ils comprennent essentiellement pour recevoir l'eau chargée de coagulant une cuve de décantation en bois, tôle, ou fonte, puis un récipient ayant un fond perforé d'orifices très nombreux mais très petits. Dans ce récipient se trouve une couche de sable. Le récipient est ouvert en haut dans les appareils sans pression, il est naturellement hermétiquement clos dans ceux qui doivent travailler sous pression. Les filtres rapides comportent des accessoires importants. Le premier est un engin mécanique capable de remuer le sable en tous les sens et de nettoyer le filtre. Le second accessoire est le récipient dans lequel on ajoute à l'eau le coagulant chimique presque toujours le sulfate d'alumine. Ce récipient précède le filtre à sable.

Les deux principaux types de filtre à sable submergé rapide sont représentés par le filtre Jeuvel et le filtre Neptune (Paris).

Filtre Jewel. — Ce filtre demande un dégrossissage préalable de l'eau par précipitation au sulfate d'alumine. En général on ajoute 12 à 30 grammes de sulfate d'alumine

par mètre cube d'eau à filtrer. Il faut que l'eau contienne des sels de chaux pour qu'il se forme de l'hydrate d'alumine en flocons capable de retenir les germes de l'eau.

Le filtre Jevvel est formé d'une cuve qui comprend deux étages: l'un supérieur où se trouve le filtre à sable, l'autre inférieur qui sert de bac de décantation. Un récipient contenant du sulfate d'alumine est placé sur l'arrivée de l'eau, l'eau traitée par le sulfate d'alumine va dans le bac de décantation et l'eau décantée déjà sensiblement dégrossie se rend dans le filtre. Pendant 40 minutes il ne faudra pas recueillir l'eau filtrée. Au bout de 40 minutes, à la surface du sable il se forme une membrane dite chimique c'est le coagulant qui forme cette sorte de trame gélatineuse.

Grâce à la membrane chimique, le filtre est prêt à bien fonctionner très rapidement et la vitesse de la filtration peut être très grande par rapport à celle des filtres lents, si bien que le Jewel donne un débit de 110 mètres cubes d'eau par mètre carré de surface et par 24 heures.

Cet avantage est appréciable lorsqu'il s'agit de grandes villes qui doivent disposer quotidiennement d'une grande quantité d'eau potable.

Le nettoyage des filtres Jewel est automatique, il se fait très facilement et en un temps très court, par retour d'eau filtrée et brassage du sable par un dispositif en dents de peigne. Dans certaines installations il est possible de stériliser les filtres avant leur mise en marche ou après un certain temps de fonctionnement. On peut sans vapeur, avec du carbonate de soude qu'on dépose sur le sable (au-dessus duquel on a laissé quelques centimètres d'eau, toutes les issues du filtre étant d'ailleurs fermées) à raison de 2 kilos 500 par mètre carré. On laisse la solution en contact avec le sable pendant 15 heures puis on fait un lavage du filtre.

Filtre Neptune (Paris). — Le filtre Neptune ressemble au Jewel sous pression. Ses dimensions sont excessivement réduites. La couche filtrante est constituée par du quartz. Deux manomètres l'un placé à l'entrée de l'eau, l'autre à la sortie permettent une surveillance facile. Si la perte de charge constatée par les deux manomètres atteint ou dépasse 0 kg. 800, il faut procéder au nettoyage, donc ici la surveillance bactériologique qui demande toujours 2 ou 3 jours ne s'impose pas. Le rendement du filtre Neptune est realtivement considérable: 240 mètres cubes par mètre carré de surface et par 24 heures.

Choix entre les filtres lents et les filtres rapides. — Si l'on a à faire un choix entre les filtres lents et les filtres rapides, il faudra faire une comparaison serrée entre les avantages et les inconvénients des deux procédés, mais pour cela il faudra tenir grand compte de la nature de l'eau à traiter. S'agit-il d'une eau chargée d'argile colloïdale qui ne se clarifie qu'à l'aide d'un coagulant, s'agit-il d'une eau qui se modifie brusquement et fréquemment c'est-à-dire adoucir, deferriser, décolorer, etc..., etc..., il est clair que les filtres rapides seront indiqués. Il est facile avec eux de faire varier les doses de coagulant suivant les variations de la turbidité.

Les résultats bactériologiques sont peut être un peu moins satisfaisants qu'avec les filtres lents; cela n'a d'ailleurs pas grande importance si l'on a soin de faire suivre la filtration d'une purification chimique de l'eau.

Enfin en ce qui concerne les prix de revient les exemples que nous avons apportés dans ce travail peuvent nous en donner une idée.

Disons tout d'abord que les frais d'installation des filtres lents sont plus considérables en raison de la surface im-

mense qu'ils exigent, en revanche l'exploitation des filtres rapides est plus onéreuse parce qu'ils nécessitent l'emploi de coagulant.

COMMUNE DE COLOMBIERS (Hérault)

Population: 1104 habitants.

Procédé employé: Filtre à sable submergé rapide composé d'un bassin de décantation avec solution d'albumine, filtre à silex.

Le filtre est suivi d'un appareil de verdunisation (Bunau-Varilla).

Prix du premier établissement : 700.000 fr.

Date de l'installation: 1933.

Etat de l'eau avant purification: très contaminée
toujours trouble.

Efficacité du procédé: Excellente, analyses faites à l'Institut Bouisson-Bertrand toujours négatives.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 100.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 36.500.

Entretien annuel (ne comprenant ni les frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 15.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 410 (dans ce prix figurent les frais de verdunisation qui sont de l'ordre de 1 millime par mètre cube).

VILLE D'ARPAJON (Seine-et-Oise)

Nombre d'habitants: 4.000.

Procédé employé: Filtre submergé rapide comprenant des bassins filtrants à coagulation préalable à filtration rapide et à nettoyage automatique par l'air comprimé. Poste de stérilisation de secours par ozonisation.

Dépense de premier établissement: 777.077 fr.

Date de l'installation: ancienne 1881; d'ozonisation de l'eau: 1932.

Etat de l'eau avant la purification: eau trouble, souillée par infiltrations d'eaux superficielles, contient 1518 germes par centimètre cube, 1.000 colibacilles par litre, et contient des bactéries putrides.

Efficacité du procédé. — Après purification, l'eau renferme 2 germes par centimètre cube.

Les recherches spéciales des germes d'origine suspecte, notamment des bactéries putrides et du colibacille, effectuées sur 110 centimètres cubes ont donné des résultats négatifs.

En somme l'eau devient très limpide, bien épurée, répondant aux conditions fixées par le Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 350.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 127.750.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 37.700.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 295.

Filtre Neptune de Saint-Maur (Seine)

A propos de ce filtre nous n'avons malheureusement pas pu avoir des réponses détaillées au questionnaire que nous avons fait parvenir aux Etablissements intéressés. Les réponses qu'on nous a faites sont d'ordre général et nous sommes obligés de les présenter telles qu'elles nous ont été soumises. Au point de vue efficacité le filtre Neptune exerce non seulement une action mécanique mais aussi une action biologique assez nette; c'est-à-dire que non seulement il retient toutes les particules en suspension dans l'eau, même celles imperceptibles à l'œil nu, mais il donne en plus des résultats merveilleux au point de vue biologique.

C'est ainsi que le bulletin numéro 5, pris dans les procès-verbaux de la ville de Paris et se rapportant à la marche du 14 mars 1932, on trouve qu'il y avait dans l'eau brute de la Marne 16.000 colibacilles par litre. Après dix minutes de marche il n'y avait plus que 500 colibacilles dans l'eau sortant des filtres. Les prix qu'on nous a donnés sont les suivants: le prix de revient de l'eau filtrée par les filtres Neptune compris frais de pompage, frais de main-d'œuvre, frais d'entretien et d'amortissement s'établit entre 0 fr. 20 et 0 fr. 27 le mètre cube.

Il est évident qu'il nous sera impossible de comparer ce prix à ceux des autres systèmes dans lesquels n'interviennent pas les frais de pompage, ni les frais d'amortissement.

B) *Filtre à sable non submergé.* — La caractéristique principale du filtre à sable non submergé réside en ce que l'eau ne recouvre jamais la surface supérieure du filtre, elle tombe goutte à goutte pour être filtrée ensuite.

Le filtre à sable non submergé a été proposé par Janet, Miquel, et installé la première fois par Baudet à Châteaudun en 1905.

Les principes de la filtration sont calqués sur la filtration naturelle. L'eau tombant goutte à goutte traverse une certaine couche de matériaux filtrants. Le filtre est constitué par de grandes cuves remplies de sable siliceux dont les grains ont un millimètre à 1 millimètre et demi. La couche de sable aura un mètre cinquante d'épaisseur. Le filtre est recouvert d'un toit pour éviter l'accès des poussières et le développement des algues.

Des dispositifs spéciaux règlent l'arrivée de l'eau sur le filtre d'une façon continue. Un tourniquet hydraulique par exemple peut être employé.

De plus l'eau en tombant ne devra pas creuser des trous

dans la surface supérieure du filtre, c'est pourquoi à la partie supérieure se trouvera une couche mince de sable, dont les grains auront des dimensions plus considérables.

Il faut, bien entendu, éviter que l'eau ne submerge le sable.

L'eau destinée à la filtration doit être claire. Si elle ne l'est pas, elle sera préalablement dégrossie et ce dégrossissage sera réalisé par préfiltration par exemple ou par décantation.

Aucune membrane biologique comme dans les filtres submergés lents, chimique comme dans les filtres submergés rapides ne se forme. Le filtre fonctionne soit par adsorption par les graviers siliceux, soit par oxydation due à l'oxygène.

On ne doit pas livrer à la consommation l'eau qui s'écoule aussitôt que le filtre commence à fonctionner, le filtre doit mûrir pendant une quinzaine de jours.

Le débit est faible, 4 à 5 mètres cubes par mètre carré de surface et par 24 heures.

L'efficacité est manifeste, on a prétendu que le bacille d'Eberth et le colibacille sont complètement arrêtés, il n'en est rien, ce filtre est comme les autres, aucune sélection de germes ne se fait.

La surveillance des filtres non submergés est moins rigoureuse que celle exigée par les filtres submergés; elle doit surtout s'assurer que la distribution de l'eau par le tourniquet hydraulique se fait d'une façon convenable; les frais d'entretien sont donc à priori peu importants. Le nettoyage est rare si l'eau est correctement clarifiée au préalable.

Nous avons pu trouver deux communes qui s'adressent aux filtres non submergés.

COMMUNE

DE VILLENEUVE-LES-MAGUELONNE (Hérault)

Population: 1628.

Procédé employé: filtre à sable non submergé. Après filtration l'eau est verdunisée.

Prix du premier établissement: 687.385.

Date de l'installation: 1931.

Etat de l'eau avant la purification : eau de rivière quelquefois trouble.

Efficacité du procédé: Bonne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 100.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 36.500.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement: 5.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 137 (dans ce prix sont compris les frais de verdunisation).

COMMUNE DE MONTADY (Hérault)

Nombre d'habitants: 785.

Procédé employé: Filtre non submergé couvert avec bassin de décantation situés à la prise.

Dépense de premier établissement: 780.000.

Date de l'installation: 1929.

Etat de l'eau avant la filtration:

germes microbiens au centimètre cube 29.142.

Germes liquéfiant la gélatine par cm^3 : 1032.

Moisissures par cm^3 : 0.

Colibacilles au litre: 300.

Eau légèrement trouble.

Efficacité du procédé: eau rendue potable.

Nombre de mètres cubes d'eau filtrée par jour : 100.

Nombre de mètres cubes d'eau filtrée par an: 36.500.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique ni frais d'amortissement) : 3.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau filtrée: 0 fr. 082.

PURIFICATION CHIMIQUE DE L'EAU

De nombreux corps chimiques ont été proposés en vue de la purification de l'eau d'alimentation: les uns comme les bases fortes, les acides, et les oxydants énergiques agissent immédiatement par destruction brutale des corps microbiens; les autres les antiseptiques proprement dits agissent comme poison. Des uns et des autres il faut des doses déterminées telles qu'elles ne soient pas toxiques pour l'homme, et qu'elles n'apportent à l'eau ni goût, ni odeur, ni saveur désagréables.

Enfin, il reste une difficulté à vaincre; c'est d'assurer un mélange convenable et assez long avec toutes les parties de l'eau, car il est clair que si une certaine fraction échappait à l'action de l'antiseptique le résultat ne serait pas obtenu.

Pratiquement ce sont les oxydants qui ont le mieux réussi et pour de grands volumes d'eau, pour des installations municipales on emploie surtout le chlore.

Pas mal d'auteurs ont insisté sur les inconvénients du chlore et sur les mauvais goûts qu'il apporte à l'eau. On a peut être exagéré en ce sens, mais il est certain que l'eau traitée par le chlore peut présenter sous certaines conditions un goût d'iodoforme plus ou moins prononcé.

Ce goût d'iodoforme est dû à une trace d'acide phénique dans l'eau qui produit de l'oxychlorophénol. Cet acide phénique peut provenir de l'eau elle-même, et surtout du goudron dont on enduit les tuyaux pour les préserver de la rouille, et de la corde goudronnée qui sert aux joints. Pour que ce goût d'iodoforme se produise, il suffit de traces d'acide phénique, d'une dose infinitésimale, un millième de

milligramme par litre. On conçoit que dans la pratique d'aussi faibles doses soient facilement réalisables. Les remèdes employés pour lutter contre ce mauvais goût seront simples. On évitera d'utiliser le goudron dans les canalisations en particulier, et dans la confection des joints on substituera la corde suiffée à la corde goudronnée. De cette façon on supprimera dans une certaine mesure toute odeur ou toute saveur désagréable.

L'eau traitée par le chlore peut également présenter un goût de chlore si la dose employée est quelque peu élevée, il faut alors procéder à la déchloration qui est inefficace quand l'eau est très chargée de matières organiques. On emploie pour atteindre ce but l'hyposulfite de soude. C'est TRAUBE (1) qui en 1894 préconisa le premier l'emploi de chlorure de chaux à raison de 4 milligrammes par litre pour purifier l'eau (2 heures de contact), le chlorure de chaux contenant environ 35 % de chlore, on voit que cela donne 1 milligramme 4 de chlore actif par litre, ce qui laisse souvent un excès de chlore que TRAUBE conseillait de neutraliser par le sulfate de soude.

Plusieurs auteurs déclarèrent par la suite qu'il fallait des doses plus fortes pour supprimer les microbes pathogènes. On n'en réussit pas moins à éteindre des épidémies de fièvre typhoïde à Pola (2) en 1894, à Maidstone (3) en 1894 où on employa 1 milligramme 5 d'Hypochlorite par litre. En France, dès 1900, la ville de Lectoure, fut autorisée à recourir au procédé Bergé par le ferrochlore. Aux Etats-Unis en 1908 Johnson (4) fit adopter l'Hypochlorite de chaux.

En 1910 le major Darnal (5) essaya à Fort Meyer le chlore

(1), (2), (3), (4), (5) Voir « Qualités de l'eau et moyens de correction » par Docteur IMBEAUX, pages 731 et 732.

gazeux qu'il installa en 1912 et qu'il montra la même année au Congrès International d'Hygiène de Washington.

Depuis l'emploi du chlore où des hypochlorites s'est développé aux Etats-Unis à tel point qu'en 1929 on comptait 6.000 installations (dont 70 % au chlore gazeux).

Aujourd'hui un grand nombre de villes françaises (plus de 50 en 1932 sans compter les localités de la banlieue de Lyon et de Paris) emploient ce qu'on appelle la javellisation (du nom de l'eau de Javel ou hypochlorite de soude employée).

Peu de villes françaises emploient la chloration par le chlore gazeux. Montpellier est pourtant de celles-là.

MECANISME DE L'ACTION DU CHLORE SUR LES MICROBES

Le mécanisme de la toxicité du chlore pour les microbes n'est pas encore bien expliqué, diverses théories émises n'ont pu être confirmées et tout se passe comme si l'oxydation jouait le rôle sinon unique du moins principal. C'est ce qu'on a admis en parlant du pouvoir oxydant du chlore et des hypochlorites.

Ce pouvoir oxydant diminue à mesure que l'acidité de l'eau augmente diminue également à mesure que la turbidité de l'eau augmente. De plus il varie avec la température de l'eau. Il semble qu'entre 0 et 25 degrés le pouvoir oxydant augmente avec la température. Nous allons étudier successivement les procédés de chloration, et de javellisation de l'eau.

Emploi du chlore gazeux: chloration.

La chloration consiste à introduire du chlore à l'état gazeux dans l'eau en vue de la purifier. Le chlore est contenu dans des cylindres d'acier. Suivant un certain débit, sous une certaine pression il est mélangé à l'eau.

Le procédé est simple, propre et élégant, c'est ce qui a fait son succès en Amérique.

A Montpellier l'appareil utilisé est celui de Tiernan. Il en existe deux types suivant que le gaz chlore détendu se

mélange à l'eau à traiter directement, ou qu'on le fasse d'abord dissoudre dans une certaine quantité d'eau qui sera ensuite mélangée à l'eau brute, ce dernier procédé est le plus recommandable.

L'appareil dont dispose la ville de Montpellier comprend :

- une bouteille à chlore munie d'un robinet;
- un compteur de chlore;
- un mélangeur;
- deux détendeurs;
- plusieurs manomètres.

La délicatesse de l'appareil réside dans les fuites possibles.

Les choses vont se passer de la façon suivante. Le chlore sous pression parti de la bouteille à chlore est amené vers un détendeur où sa pression se perd, un manomètre d'ailleurs permet le contrôle de cette baisse de pression, puis il passe dans le compteur de chlore où son débit est réglé suivant un certain rythme, de là sous une pression faible, il se rend dans le récipient appelé mélangeur.

L'eau à purifier suivant un faible débit sera envoyée dans le mélangeur et prendra contact avec le gaz chlore, le mélange commencera à partir de ce moment, et la solution chlorée de concentration assez forte sera dirigée vers les canalisations d'eau à purifier. A Montpellier une fois que l'eau a été mélangée au chlore, un brassage intime est réalisé par des cascades.

Le fonctionnement de l'appareil est donc simple, facile à contrôler et à surveiller. L'installation n'est pas encombrante, par conséquent, peu coûteuse, et l'enquête que nous avons procédée au Bureau Municipal d'Hygiène de la ville, nous a permis d'avoir les renseignements suivants; la dose de chlore employée est de 0 mmg 08 par litre d'eau.

Nombre d'habitants: 80.000.

Procédé employé: chloration (chlore gazeux).

Date de l'installation: 1926.

Prix du premier établissement: 20180 fr.

Etat de l'eau avant la purification: jusqu'à 10.000 colibacilles au litres.

Efficacité du procédé: bonne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 22.000.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 8.030.000.

Entretien (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 5.300 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 0006.

Ces différents renseignements se rapportent au poste de chloration situés à l'octroi de Lodève et qui fonctionnait encore jusqu'à l'été dernier. Depuis on a installé un nouveau poste de chloration à la source même du Lez (11 kilomètres de Montpellier), et toute l'eau de Montpellier et de la banlieue est soumise à l'action bienfaisante du chlore. Il est certain que dans ces nouvelles conditions les frais de surveillance ne sont plus les mêmes que ceux nécessités par l'ancien poste de chloration. Toutefois il semble que le prix de revient de l'eau purifiée par la nouvelle installation ne dépasse pas le millime par mètre cube.

Emploi de l'eau de Javel: javellisation,
verdunisation.

La javellisation consiste à l'addition à l'eau en vue de la purifier d'une certaine quantité d'eau de Javel. Le nom d'eau de Javel était autrefois réservé à la solution obtenue par l'action du chlore sur une lessive de potasse et la liqueur de Labarraque résultait de l'action du chlore sur la lessive de soude.

Aujourd'hui on comprend sous le nom de Javel l'une ou l'autre de ces solutions et l'on emploie presque exclusivement l'Hypochlorite de soude depuis que cette solution est

couramment obtenue dans l'industrie, par l'électrolyse des solutions de chlorure de sodium.

On conseille l'emploi, pour la purification des eaux, d'extrait de Javel concentrée ou de solution d'hypochlorite de soude titrant 30 degrés chlorométriques.

Une eau de Javel aussi concentrée n'existe pas couramment, tout au plus peut-on conserver quelque temps de l'extrait à 20 degrés chlorométriques.

Aujourd'hui la vente des eaux de Javel est réglementée dans une certaine mesure et on précise notamment que le titre des eaux de Javel marquant moins de 12 degrés doit être marqué en gros caractères sur les récipients.

En vue de la purification de l'eau il importe donc avant tout de savoir quel est le titre de l'eau de Javel dont on dispose.

Certains procédés de javellisation de l'eau tiennent compte de la richesse de l'eau en matières organiques; et dans ce sens on conseille d'ajouter à l'eau, en poids, deux fois plus de chlore actif qu'elle contient de matières organiques; et à une eau contenant par exemple 1 milligramme de matières organiques, il importerait pour la purifier d'ajouter 2 milligrammes de chlore actif; le chlore actif étant contenu dans l'eau de Javel le problème revient à savoir quelle est la quantité d'eau de Javel contenant 2 milligrammes de chlore. C'est cette quantité d'eau de Javel qu'on devra mettre en contact avec un litre d'eau.

D'autres procédés ne tiennent pas compte de la richesse de l'eau en matières organiques. La quantité de chlore à ajouter est toujours la même quel que soit l'état de l'eau brute. C'est sur ce principe que sont réalisés les appareils de Bunau-Varilla et les appareils de la Société Auxiliaire de distribution d'eau potable (S.A.D.E.)

I. *Appareil de Bunau-Varilla* (Verdunisation). — L'appareil de Bunau-Varilla permet à la purification de l'eau au moyen de doses infinitésimales de chlore: un dixième de milligramme de chlore actif par litre.

Cette méthode est décrite sous le nom de verdunisation parce qu'elle a été réalisée pour la première fois à Verdun. A cette dose le chlore est rapidement absorbé et aucune saveur ou odeur désagréable ne subsiste dans l'eau traitée à condition qu'elle ne contienne pas de dérivés phénolés.

Bien entendu, dans l'installation des canalisations d'eau, on évitera comme nous l'avons déjà signalé, l'usage du goudron pour les joints des tuyaux.

A cette dose le chlore agirait sur les germes, d'après l'auteur d'une façon spéciale: il se ferait un véritable rayonnement de l'ion chlore lequel aurait des propriétés analogues aux rayons ultra-violets.

L'installation de l'appareil est d'un encombrement négligeable, donc pas d'achat de terrain et l'appareil lui-même est d'une simplicité qui explique son prix de revient relativement réduit.

Il comprend:

a) Un barillet contenant de l'eau de Javel dont le titre est connu, de ce barillet par un tube à effilures permettant la distribution de l'eau de Javel goutte à goutte suivant un certain rythme. Ce tube à effilures est la partie la plus importante de l'appareil.

b) Une pompe aspirante et refoulante.

c) Un bac appelé bac d'amorçage et de désamorçage muni d'une tube d'évacuation sur lequel se greffe le tube à effilures.

Le fonctionnement de l'appareil de Bunau-Varilla se fait de la façon suivante. Lorsque la pompe se met en marche elle aspire l'eau à purifier, puis la refoule vers le bac

d'amorçage et de désamorçage, de là l'eau s'évacue et crée un vide dans le tube à effilures d'où aspiration de l'eau de Javel du barillet.

Par la suite un brassage intense permettra le mélange intime de l'eau et de l'eau de Javel.

Le fonctionnement de l'appareil est automatique c'est-à-dire que si la pompe est mise en mouvement le tube à effilures permet l'écoulement de l'eau de Javel, si la pompe s'arrête le tube à effilures ne fonctionne plus.

Grâce à cet automatisme tout le temps que l'appareil fonctionne on est certain de son efficacité. La surveillance s'adresse seulement au titre de l'eau de Javel et à l'intégrité des effilures. Le contrôle bactériologique n'est ainsi pas nécessaire.

L'appareil une fois mis en route est pratiquement indérégiable. Il n'exige qu'un nettoyage facile à réaliser en quelques instants, une ou deux fois par semaine.

Il comporte si on le veut, un dispositif d'enregistrement et d'avertissement automatique qui permet de vérifier, si à tout instant, l'eau a été bien verdunisée en faisant retentir une sonnerie d'appel si un accident vient s'interrompre le fonctionnement.

L'efficacité de l'appareil de Bunau-Varilla s'est montrée d'un heureux effet partout où on l'a utilisé; à Carcassonne (1) en particulier la mortalité par typhoïde qui était de 30 pour 100.000 habitants serait tombée aussitôt après l'installation d'un appareil de verdunisation à 5 pour 100.000; chiffre moyen de la France et inférieur à la moyenne (8 pour 100.000) des plus de 5.000 habitants.

(1) Document préparé pour l'information du Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France par Bunau VARILLA, intitulé « Ce qu'est la Verdunisation des eaux ».

Les applications pratiques de la verdunisation sont en France, excessivement nombreuses, nous n'aurons pas la prétention de les signaler toutes; cette énumération d'ailleurs paraîtrait fastidieuse. Nous nous contenterons de mentionner les renseignements que nous avons pu avoir dans les agglomérations sur lesquelles a porté notre enquête.

VILLE DE NARBONNE

Nombre d'habitants: 31.876.

Procédé de purification employé: Verdunisation.

Prix du premier établissement: 3.150 fr.

Date de l'installation: 1934.

Etat de l'eau avant la purification: relativement pure.

Efficacité du procédé: réelle.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour:
8.000 m³.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an :
2.920.000 m³.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique ni frais d'amortissement): 8.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée : 0 fr. 003.

VILLE D'AGEN

Nombre d'habitants: 24.939.

Procédé employé: verdunisation.

Date de première installation: 1930.

Prix du premier établissement: 15.000 fr.

Etat de l'eau avant la purification: parfois très contaminée surtout pendant les inondations fréquentes dans la région.

Efficacité du procédé: Aucune épidémie n'a été signalée dans les villes depuis l'installation de la verdunisation.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 5.000 m³.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 1.825.000 m³.

Frais d'entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique ni frais d'amortissement): 2.500 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 001.

COMMUNE DE VALMY (Marne)

Nombre d'habitants: 385.

Procédé employé: verdunisation.

Dépense de premier établissement: 7.900 fr.

Date de l'installation: 1934.

Etat de l'eau avant purification: Les résultats d'analyses successives ont accusé avant la verdunisation, 100 germes de putréfaction par litre, l'eau est limpide.

Efficacité du procédé: Donne toute satisfaction.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 30.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 10.950.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 178 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 016.

COMMUNE DE VITRY-LE-FRANÇOIS (Marne)

Nombre d'habitants: 1082.

Procédé de purification employé: Verdunisation.

Dépense de premier établissement: 13.143.

Date de l'installation: 1935.

Etat de l'eau avant la purification: peu contaminé
pas trouble.

Efficacité du procédé: bonne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 1800 m³.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an :
657.000 m³.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 700 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 001.

COMMUNE DE FONTAINE DENIS (Marne)

Nombre d'habitants: 380.

Procédé employé: verdunisation.

Prix du premier établissement: 5660 fr.

Date de l'installation: 1935.

Etat de l'eau avant la purification: très contaminée par périodes pluvieuses.

Efficacité du procédé: bonne.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 20.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 7.300.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 300 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 040.

COMMUNE DE VERZY (Marne)

Nombre d'habitants: 1050.

Procédé employé: Verdunisation.

Prix du premier établissement: 4.500.

Date de l'installation: 1.930.

Etat de l'eau avant la purification: eau très contaminée contenant jusqu'à 1000 colibacilles par litre.

Efficacité: très bonne.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 100 m³.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 36.500 m³.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 500 fr.

Prix de revient du m³ d'eau purifiée: 0 fr. 013.

VILLE D'AMIENS (Somme)

Nombre d'habitants: 90.211.

Procédé employé: Verdunisation.

Dépense de premier établissement: 3.500 fr.

Date de l'installation: 1929.

Etat de l'eau avant la purification: peu contaminée.
pas trouble.

Efficacité du procédé: très efficace.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 1500.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 547.500.

Frais d'entretien: négligeables d'après les renseignements fournis par la mairie d'Amiens.

N'ayant pas de chiffre précis nous ne pouvons pas déterminer d'une façon précise le prix de revient de l'eau purifiée, tout laisse à prévoir en raison des frais considérés comme négligeables que le prix de revient du mètre cube d'eau ne dépasse pas le millime.

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE CAIX (Somme)

fournissant l'eau à 38 communes dont les noms suivent:

Commune d'Arvillers	650 habitants
Commune de Bayonvillers	457 habitants
Commune de Beaucourt	108 habitants
Commune de Beaufort	171 habitants
Commune de Bouchoir	310 habitants
Commune de Cachy	151 habitants
Commune de Caix	768 habitants
Commune de Chilly	179 habitants
Commune de Folies	150 habitants
Commune de Fouquescourt	175 habitants
Commune de Framerville	323 habitants
Commune de Frenoy-en-Chaussée	108 habitants
Commune de Guillancourt	423 habitants
Commune de Hallu	150 habitants
Commune le Hanal	526 habitants
Commune d'Hangest-en-Sauterre	977 habitants
Commune de Harbonnières	1.305 habitants

Commune de Herleville	162 habitants
Commune de Lamotte-en-Sauterre .. .	233 habitants
Commune de Maucourt	156 habitants
Commune de Méharicourt	447 habitants
Commune de Mézières-en-Santerre .. .	273 habitants
Commune de Moreuil	2.835 habitants
Commune de Plessier-Rozainvillers .. .	507 habitants
Commune de Proyard	493 habitants
Commune Le Quesnel	684 habitants
Commune de Rainecourt	77 habitants
Commune de Rosières	2.275 habitants
Commune de Roudroy	268 habitants
Commune de Vauvillers	241 habitants
Commune de Villers-aux-Erabes	87 habitants
Commune de Villers-Bratonneux	3.631 habitants
Commune de Vrély	461 habitants
Commune de Warfusée-Abancourt .. .	212 habitants
Commune de Warvillers	134 habitants
Commune de Wiencourt-l'Equipée .. .	276 habitants

Au total 38 communes dont la population globale s'élève à 20.484 sont alimentés par le même poste de Verdunisation sous la direction du Syndicat intercommunal de Caix.

Le sableau suivant nous montre les résultats:

Procédé employé: Verdunisation.

Dépense de premier établissement: 8.000 fr.

Date de l'installation: 1931.

Etat de l'eau avant la purification: pure
jamais trouble.

Efficacité du procédé: n'a pu être démontrée l'eau soumise à la Verdunisation étant pure.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 1.000 en moyenne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 365.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 600 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 001.

VILLE DE REIMS

Nombre d'habitants: 112.820.

Procédé employé: Verdunisation.

Prix du premier établissement: 3.000 fr.

Date de l'installation: 1924.

Etat de l'eau avant la purification: moyennement contaminée.

Efficacité du procédé: Excellente.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 25.000.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 9.125.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 1 fr. par mètre cube.

Prix de revient du mètre cube d'aeu purifiée: 0 fr. 001.

COMMUNE DE GIGNAC (Hérault)

Nombre d'habitants: 2.500.

Procédé employé: Verdunisation après passage de l'eau dans puits filtrants.

Prix du premier établissement: 36.000.

Date de l'installation: Verdunisation employée depuis 1934.

Etat de l'eau avant la purification: eau de rivière.

trouble au moment des crues

Efficacité du procédé: bonne.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 2.000.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 730.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 2.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 002.

COMMUNE DE NAY (Basses-Pyrénées)

Nombre d'habitants: 3.260.

Procédé employé: Verdunisation.

Prix du premier établissement: 10.000.

Date de l'installation: 1931.

Etat de l'eau avant la purification: pas contaminée.
jamais trouble.

Efficacité: parfaite.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 400.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 146.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni élévation mécanique,
ni frais d'amortissement): 4.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 003.

PRIX DE BEZIERS

Nombre d'habitants: 71.527.

Procédé employé: Verdunisation d'eau filtrée naturelle-
ment dans les sables et graviers de l'Orb ou de l'ancien lit.

Dépense de premier établissement: 40.000 (pour 8 appa-
reils).

Date de l'installation: 1932.

Etat de l'eau avant la purification: Eau peu contaminée,
de 0 à 20 colibacilles (chiffre maximum) au litre: jamais
trouble.

Efficacité du procédé: réelle.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 15.000.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 5.475.000.

Entretien (ne comprenant ni frais d'amortissement, ni
élévation mécanique): 10.000 fr.

Prix de revient de mètre cube d'eau purifiée: 0 fr. 001.

VILLE DE CARCASSONNE

Procédé employé: Verdunisation.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 20.000.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 5.475.000.

Frais d'entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élevation mécanique ni frais d'amortissement: 75. fr. 00).

Prix de revient du mètre cube d'eau: 0 fr. 001.

VILLE DE LYON

Population: 580.000.

Procédé employé: Verdunisation.

Prix du premier établissement: 1.500 fr.

Date de l'installation: 1929.

Etat de l'eau avant purification: Contamination fréquente de l'eau pendant les crues du fleuve à ce moment-là l'analyse peut déceler jusqu'à 3.000 colibacilles au litre : turbidité variable.

Efficacité du procédé. — L'analyse des prélèvements faits journellement par le laboratoire de surveillance des eaux de Lyon prouve :

1° Qu'immédiatement après la Verdunisation, l'eau ne contient plus aucun microbe dangereux.

2° Que l'eau distribuée à la population est excellente du point de vue organoleptique.

Nombre de mètres cubes purifiés par jour: 150.000.

Nombre de mètres cubes purifiés par an: 54.750.000 m³.

Frais d'entretien annuel: 50.000.

Prix de revient du mètre cube d'eau purifiée: 0.001.

Appareil de la Société Auxiliaire de Distribution d'eau
(S.A.D.E.)

L'appareil automatique S. A. D. E. est constitué par:

a) Un vase en grès de 20 litres de capacité environ qui

reçoit la solution stérilisante provenant des bacs de préparation et qui aura été clarifiée par filtre spécial. Dans ce vase le plan d'eau est maintenu constant par :

Un obturateur à pointeau qui ferme ou découvre l'orifice inférieur du tuyau d'arrivée de la solution, suivant que le niveau a tendance à monter ou à descendre dans le vase pendant la marche de l'appareil. Ce mouvement de fermeture et d'ouverture sont obtenus à l'aide d'un flotteur en verre auquel l'obturateur est lié.

Quand le liquide baisse entraînant avec lui, vers le bas le flotteur et l'obturateur, la solution stérilisante s'écoule dans le vase en grès et le niveau remonte dans le vase jusqu'à ce que le pointeau pressé par le flotteur referme l'orifice d'arrivée de la solution.

Pratiquement à cause des grandes dimensions du flotteur, comparées à la petitesse du débit de solution, les oscillations du flotteur et de l'obturateur sont imperceptibles; le débit est continu et il s'établit dans le vase un niveau de régime.

b) Un régulateur de débit constitué par un ajustage se déplaçant le long d'une règle, dont le zéro doit être placé au même niveau que le liquide dans le vase lorsque l'appareil ne fonctionne pas.

Lorsque l'ajutage est ramené au droit de zéro, aucun débit n'est possible.

Lorsque l'appareil est en service on obtient le débit désiré en faisant coulisser l'ajutage le long de la règle jusqu'en face du chiffre correspondant au débit voulu. Un tableau et une courbe de réglage livrés avec l'appareil permettent cette opération.

Le contrôle de l'appareil est simple et la souplesse de son fonctionnement remarquable. En effet, on ne peut pas toujours obtenir dans les cuves le même titre de la solution

javellisante et on ne peut pas toujours conserver ce titre d'une façon immuable, de même lorsqu'on remet en service une nouvelle cuve dont le titre en eau de Javel est différent de la première si le taux de javellisation doit être le même, il est nécessaire de régler à nouveau le débit de l'ajutage. Avec l'appareil S. A. D. E. ce nouveau réglage peut être fait en marche, de même il est facile de changer le taux de javellisation sans que le titre de l'eau de Javel soit lui-même changé; même opération si, au moment de la mise en service d'une nouvelle cuvée, on décide en même temps de modifier le terme de javellisation.

L'appareil S.A.D.E. est destiné aussi bien à de petites installations industrielles ou rurales qu'à de grosses stations, ce n'est là qu'une question de débit donc de dimension de l'ajutage.

Il est applicable dans tous les cas de la pratique, c'est-à-dire ceux qui comportent l'introduction de la liqueur stérilisante dans un puisard, un réservoir, une conduite d'aduction, une conduite d'aspiration, une conduite de refoulement.

Il peut donc remplacer tous les appareils de types divers qui ne seraient applicables, chacun que dans un seul des cas énumérés ci-dessus.

L'appareil S. A. D. E. est employé avec succès à Cannes (Alpes-Maritimes), la dose de chlore employée est infinitésimale, elle varie du trentième de milligramme au cinquième de milligramme par litre d'eau.

Population de Cannes: 50 à 60.000 (variable suivant la saison).

Procédé de purification employée: Verdunisation avec l'appareil S.A.D.E.

Prix du premier établissement: 30.000 fr.

Date de l'installation: 1931.

Etat de l'eau avant la purification souvent très pure, contamination variable suivant les périodes de pluie.

Eau trouble pendant les pluies.

Efficacité de procédé: Très efficace.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par jour: 47.000.

Nombre de mètres cubes d'eau purifiée par an: 17.115.000.

Entretien annuel (ne comprenant ni frais d'élévation mécanique, ni frais d'amortissement): 34.000 fr.

Prix de revient du mètre cube d'eau: 0 fr. 002.

PROCEDES PHYSIQUES D'EPURATION DE L'EAU D'ALIMENTATION

Les procédés physiques sont ainsi appelés parce qu'ils permettent la purification de l'eau tout en n'y laissant aucun élément étranger.

Ils sont réalisés par la chaleur, les rayons ultra-violets, l'ozone.

La chaleur employée soit sous forme de distillation, soit sous forme d'ébullition ne nous intéresse pas en tant que procédé d'épuration en grand de l'eau, sa réalisation serait d'abord difficile et les prix de revient considérables. Il faut tout de même savoir que la chaleur constitue le procédé le plus sûr de purification de l'eau, c'est le seul qui peut arriver à une véritable stérilisation.

L'emploi des rayons ultra-violets a été préconisé dès 1907. Le principe repose sur l'émission de rayons produits dans la lampe à quartz à vapeur de mercure, le quartz étant perméable à ces rayons. Le procédé consiste à réaliser un dispositif dans lequel l'eau clarifiée est soumise à l'action directe et aussi proche que possible des rayons émis par la lampe à vapeurs de mercure. Les conditions de cette réalisation sont assez strictes, car on sait que les matières colorantes d'origine organique, bien que contenues dans l'eau en faible quantité sont susceptibles d'absorber les rayons et par suite d'arrêter leur pénétration au sein du liquide. D'où

la nécessité de n'opérer que sur des eaux non seulement clarifiées mais aussi décolorées que possible.

D'autre part la perméabilité du quartz aux rayons ultra-violets diminue rapidement en raison de la métallisation de la lampe. Le rendement est donc variable; et il s'en suit une inconstance d'efficacité dont les effets ont été constatés dans la pratique de la purification de l'eau. Pour ces diverses raisons le procédé par les différentes enquêtes que nous avons faites, nous n'avons pas pu trouver l'application pratique du procédé.

EMPLOI DE L'OZONE

Ozonisation. — On a classé l'ozone parmi les procédés physiques d'épuration de l'eau pour la raison suivante: c'est que l'ozone après avoir exercé son action bactéricide disparaît de l'eau alors que les procédés chimiques y laissent une substance étrangère.

L'ozone a été découvert il y a bien des années. On en a d'abord soupçonné l'existence en recherchant quelle était la cause première de l'odeur qui se dégage lorsque des décharges électriques jaillissent dans l'air. A l'état naturel l'ozone est toujours dilué dans un grand excès d'oxygène, et ce n'est qu'à la suite de longues et patientes recherches qu'on est parvenu à établir sa composition chimique exacte.

Une molécule d'oxygène occupant deux volumes contient deux atomes d'oxygène, une molécule d'ozone occupant deux volumes contient trois atomes d'oxygène et la formule de l'ozone est O^3 , pour cette raison on a dit que l'ozone est une modification allotropique de l'oxygène.

Comment peut-on produire industriellement l'ozone. — L'oxydation lente du phosphore dans une atmosphère hu-

mide a été longtemps l'unique procédé de préparation qu'ont employé les savants qui ont fait des recherches sur l'ozone. Sont venus ensuite les procédés chimiques, mais les quantités d'ozone produits sont beaucoup trop faibles pour qu'on puisse songer à l'utiliser industriellement. Les premières applications industrielles de l'ozone ont été réalisées par des appareils appelés ozoneurs et la caractéristique de la méthode est l'action des effluves sur l'oxygène de l'air ou sur l'oxygène pur.

Comment peut-on doser l'ozone. — Le mélange de l'eau et de l'ozone devant se faire suivant des proportions déterminées (0 gr. 50 à 3 grammes d'ozone par mètre cube d'eau), il importe de savoir doser l'ozone. La méthode la plus simple est basée sur la décomposition d'une solution d'iodure de potassium additionnée d'acide sulfurique, d'après ce principe on peut doser l'ozone à un dixième de milligramme près.

Technique de l'épuration de l'eau par l'ozone. — L'utilisation de l'ozone pour la purification de l'eau d'alimentation est basée sur les remarquables propriétés oxydantes de ce corps. Deux cas sont à envisager selon que l'eau à épurer est limpide ou non.

Si elle est limpide, on peut la soumettre directement à l'action de l'ozone, si elle ne l'est pas, il faut la clarifier au préalable. Il faut ensuite assurer :

- a) d'une part la production d'ozone nécessaire;
- b) d'autre part, la mise en contact intime de l'eau avec l'ozone.

En ce qui concerne la production d'ozone, la méthode employée est celle citée plus haut, consistant à faire agir des décharges électriques ou effluves sur l'oxygène de l'air.

La mise en contact de l'eau à purifier et de l'ozone est réalisée à l'aide d'un appareil dénommé émulseur, constitué par deux cônes accolés par leur sommet. L'émulseur présente donc une ouverture supérieure et une ouverture inférieure. L'eau à traiter arrive par le cône supérieur et s'échappe par le cône inférieur, l'air ozoné arrivant par un tube latéral et est aspiré par le vide créé dans l'émulseur; il est entraîné et va avec l'eau dans une colonne appelée colonne de self-contact où un contact intime se fait sous forme d'une émulsion parfaite. Au bout de 4 à 5 minutes, l'eau sortant de la colonne de self contact est purifiée.

Critiques. - Comme tous les autres procédés, le procédé de purification par l'ozone a soulevé de nombreuses critiques dont quelques-unes parfaitement justifiées ont déterminé la réalisation de perfectionnements indispensables.

1° Formation de composés chimiques dus à l'action de l'ozone sur certains matériaux. En particulier lorsque l'air ozoné circule dans des canalisations en plomb, il se forme du nitrate de plomb en fortes proportions. Ce nitrate de plomb peut provoquer l'obturation des tuyaux et compromettre l'épuration de l'eau d'une part, d'autre part il peut être entraîné par l'eau, sa consommation présente alors certains dangers. La conséquence logique de cette observation fut la proscription des corps comme le plomb, le fer, dans les organes destinés à être en contact avec l'air ozoné. On peut dire que l'écueil est aujourd'hui complètement écarté par le remplacement des matériaux attaquables par des grès et des poteries.

2° La purification par l'ozone est subordonnée à l'efficacité de la clarification préalable; autrement dit, l'épuration des eaux est d'autant plus satisfaisante, que celles-ci ont été plus soigneusement clarifiées. L'emploi de filtres est alors de rigueur.

Résultats. Pour les eaux absolument claires, l'ozone constitue un excellent moyen de purification de l'eau d'alimentation. La durée de contact de l'eau et de l'ozone n'a pas besoin d'être très longue, 4 à 5 minutes sous une pression de 4 à 5 mètres de liquide. Si les choses se passent dans ces conditions, on est certain de l'efficacité de l'appareil à ozonisation et cette certitude est en outre confirmée, si l'eau contient à la sortie des appareils, une certaine quantité d'ozone, ce dont on peut s'assurer immédiatement de la manière suivante :

On prend de l'eau ozonée dans un verre, on y ajoute quelques gouttes d'une solution d'iodure de potassium, puis un peu d'empois d'amidon fraîchement préparé. Si l'eau contient encore de l'ozone en excès, on obtient une magnifique coloration bleue, le contrôle est donc instantané.

Les appareils à ozone fonctionnent automatiquement, il suffit de les surveiller, il n'est pas rare de voir des ozoneurs fonctionner nuit et jour pendant plusieurs années sans s'arrêter.

Un seul agent, surtout mécanicien et un peu électricien, suffit à assurer la surveillance, il n'a qu'à contrôler de temps à autre la coloration bleue par la réaction que nous venons d'indiquer.

Au point de vue bactériologique, les résultats obtenus par ce procédé au Concours de Marseille ont été suffisants et la commission extra-municipale de Marseille a conclu. « En définitive, les systèmes d'épuration par l'ozone combiné à une bonne clarification préalable, ont paru à la Commission, susceptibles d'assurer une purification très satisfaisante de l'eau du canal de Marseille, destinée à l'alimentation. »

Prix de revient de l'eau soumise à l'action de l'ozone. —

Le prix de l'eau purifiée dépend, bien entendu, de la surveillance de l'usine et surtout de l'énergie électrique nécessaire pour la production de l'ozone.

Les enquêtes que nous avons faites en ce sens n'ont donné aucun résultat précis et pratique, notre travail se trouve ainsi malheureusement incomplet.

TABLEAU RECAPITULATIF

Le tableau suivant permet de comparer les résultats que nous avons obtenus :

Ville	Nombre de m ³ purifiés par jour	Prix de l'ins- tallation	Frais d'entretien annuel	Prix de revient du m ³ d'eau purif.
SYSTEME EMPLOYÉ				
<i>Filtre à sable submergé lent</i>				
Pau	10.000	600.000	51.000	0,014
Bouleuse	12	10.000	300	0,068
Ribaute	60	18.000	200	0,009
<i>Filtre à sable submergé rapide</i>				
Colombiers	100	700.000	15.000	0,410
Arpajon	350	777.077	37.700	0,295
<i>Filtre à sable non submergé</i>				
Villeneuve-les-Maguelone .	100	687.385	5.000	0,137
Montady	100	780.000	3.000	0,082
<i>Chloration</i>				
Montpellier	22.000	20.180	5.300	0,0006
<i>Verdunisation</i>				
Lyon	150.000	1.500	50.000	0,001
Cannes	47.000	30.000	34.000	0,002
Reims	25.000	3.000	9.000	0,001
Carcassonne	20.000	25.000	7.500	0,001
Béziers	15.000	40.000	10.000	0,001
Narbonne	8.000	3.150	8.000	0,003
Agen	5.000	15.000	2.500	0,001
Gignac	2.000	36.000	2.000	0,002
Vitry - le - François . . .	1.800	13.143	900	0,001
Syndicat du Caix	600	8.000	600	0,001
Nay	400	10.000	4.000	0,003
Verzy	100	4.500	500	0,013
Valmy	30	7.900	178	0,016
Fontaine Denis	20	5.660	300	0,040

CONCLUSIONS

De nos recherches, bien mises en évidence par le tableau précédent, il résulte que :

1° Les frais d'installation sont réellement considérables lorsqu'il s'agit de filtres, d'autant plus que, dans les prix que nous rapportons, ne figure pas l'achat du terrain;

2° Il n'en est plus de même pour les procédés chimiques qui ne demandent que des frais d'installation modiques;

3° Les frais d'entretien annuel varient également avec les méthodes employées, élevés pour la filtration, surtout dans les filtres rapides, ils sont bas ou très bas pour les procédés qui emploient le chlore. Le résultat est que, d'une façon générale, le prix de revient de l'eau chlorée ou verdunisée est de beaucoup inférieur à celui de l'eau filtrée;

4° Le prix de revient est d'ailleurs fonction de l'importance de l'installation. Une installation si minime qu'elle soit, nécessite toujours une surveillance continue, un employé doit y être attaché. Pour une installation plus importante, la surveillance est la même, le résultat c'est que, dans les grands centres, l'eau verdunisée revient à environ 1 mil-

lime le mètre cube, dans les villes plus petites, le prix de revient est sensiblement augmenté;

5° Comme tous les procédés envisagés ont fait leurs preuves du point de vue efficacité, il n'était pas inutile de se placer aujourd'hui sur le terrain économique, recherche qui ne nous paraît pas avoir été effectuée depuis fort longtemps dans notre pays.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	9
DIVERS PROCÉDÉS D'ÉPURATION DE L'EAU	12
PROCÉDÉS MÉCANIQUES	15
<i>Principes de la filtration</i>	16
<i>Filtres à sable submergé lent</i>	19
Exemples	22
<i>Filtres à sable submergé rapide</i>	24
Exemples	27
<i>Filtres non submergés</i>	29
Exemples	31
PROCÉDÉS CHIMIQUES	32
<i>Chloration</i>	35
Exemples	37
<i>Javellisation</i>	37
<i>Appareil de Bunau Varilla</i>	39
<i>Exemples de Verdunisation</i>	41
<i>Appareil S.A.D.E.</i>	48
Exemple	50
PROCÉDÉS PHYSIQUES	52
<i>Ozone</i>	53
Résultats	56
Prix de revient	57
TABLEAU RÉCAPITULATIF	58
CONCLUSIONS	59

SÉRMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

En ma qualité de Censeur de tour,
j'ai lu la Thèse ayant pour titre :

« Des procédés de purification
des eaux d'alimentation des villes
et de leur prix de revient »

par M. DAMBREVILLE CARMEL

Je pense que la Faculté peut en
permettre l'impression.

Montpellier le 23 mars 1936.

Le Professeur,

CARRIEU.

Vu :

Montpellier le 23 mars 1936.

Le Doyen,
EUIZIERE.

Vu et permis d'imprimer :

Montpellier, le 24 mars 1936.

Le Recteur,
TAILLIART.

